

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-124717
(P2002-124717A)

(43)公開日 平成14年4月26日 (2002. 4. 26)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		G 1 1 B 5/39	5 E 0 4 9
G 1 1 C 11/14		G 1 1 C 11/14	A
11/15		11/15	
H 0 1 F 10/08		H 0 1 F 10/08	

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-318351(P2000-318351)

(22)出願日 平成12年10月18日 (2000. 10. 18)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 関口 芳信

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74)代理人 100088328

弁理士 金田 暢之 (外2名)

Fターム(参考) 5D034 BA03 BA15 DA07

5E049 AA01 AA04 AA07 AA09 AC00

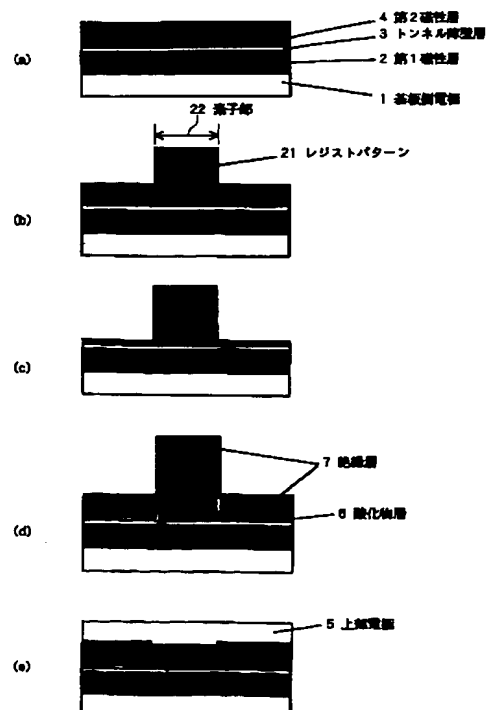
AC05 BA06 CB02 DB14 GC06

(54)【発明の名称】 磁気抵抗効果素子及びその製造方法並びにその磁気抵抗効果素子を用いた磁気薄膜メモリ

(57)【要約】

【課題】 エッチング工程時にトンネル障壁層の下部の磁性層や電極の構成材料がトンネル障壁層側部に付着することを低減し、電気的な短絡を回避する。

【解決手段】 基板側電極層1、第1磁性層2、トンネル障壁層3及び第2磁性層4を順次積層した後、第2磁性層4の素子部22上にレジストパターン21を形成し、素子部22以外の第2磁性層4を一部残してエッチング除去する。次に、エッチング除去されずに残っている第2磁性層4をトンネル障壁層3に達するまで酸化して高抵抗化することで酸化物層6を形成し、十分な電気的分離を行うために全面をスパッタして絶縁層7を形成する。その後、素子部22の上面に窓を開け、上部電極5を形成する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 磁性層と、薄膜の絶縁体で形成されたトンネル障壁層と、第 2 磁性層とが順次積層された磁性トンネル接合を具備し、前記第 1 磁性層と前記第 2 磁性層との間に前記トンネル障壁層を介してトンネル電流を流す磁気抵抗効果素子において、前記第 2 磁性層を構成する材料の酸化物で形成された酸化物層と、前記酸化物層上に配置され、絶縁体で形成された絶縁層とが、前記第 2 磁性層の前記トンネル電流が流れる領域を限定するように配置されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】 第 1 磁性層と、薄膜の絶縁体で形成されたトンネル障壁層と、第 2 磁性層とが順次積層された磁性トンネル接合を具備し、前記第 1 磁性層と前記第 2 磁性層との間に前記トンネル障壁層を介してトンネル電流を流す磁気抵抗効果素子において、前記第 2 磁性層を構成する材料の窒化物で形成された窒化物層と、前記窒化物層上に配置され、絶縁体で形成された絶縁層とが、前記第 2 磁性層の前記トンネル電流が流れる領域を限定するように配置されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】 前記第 1 磁性層及び第 2 磁性層は、垂直磁気異方性を持つ磁性体で形成され、層厚方向に磁化されることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】 前記第 1 磁性層と前記第 2 磁性層とは、保磁力が互いに異なることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】 前記第 2 磁性層の前記トンネル障壁層と接合する側と反対面で前記第 2 磁性層に接合されるとともに、前記第 2 磁性層の面積よりも大きな面積を具備し、かつ、前記第 2 磁性層との接合部では前記第 2 磁性層と磁氣的に結合している第 3 磁性層を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】 前記第 1 磁性層の前記トンネル障壁層と接合する側と反対面で前記第 1 磁性層に接合される反強磁性層を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】 請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法であって、前記第 1 磁性層、前記トンネル障壁層及び前記第 2 磁性層を順次積層する工程と、前記第 2 磁性層のうち前記トンネル電流が流れる領域以外を一部残してエッチング除去する工程と、前記第 2 磁性層のうちエッチング除去されずに残った領域を酸化して前記酸化物層を形成する工程と、前記酸化物層上に前記絶縁層を形成する工程とを有する

2

ことを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 8】 請求項 2 に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法であって、

前記第 1 磁性層、前記トンネル障壁層及び前記第 2 磁性層を順次積層する工程と、

前記第 2 磁性層のうち前記トンネル電流が流れる領域以外を一部残してエッチング除去する工程と、

前記第 2 磁性層のうちエッチング除去されずに残った領域を窒化して前記窒化物層を形成する工程と、

10 前記窒化物層上に前記絶縁層を形成する工程とを有することを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 9】 請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子を用いて情報を記録、再生することを特徴とする磁気薄膜メモリ。

【請求項 10】 請求項 7 または請求項 8 に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法により製造された磁気抵抗効果素子を用いて情報を記録、再生することを特徴とする磁気薄膜メモリ。

【発明の詳細な説明】

20 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁化の向きによって情報を記録し、磁気抵抗効果によって情報を再生する磁気抵抗効果素子及びその製造方法並びにその磁気抵抗効果素子を用いた磁気薄膜メモリに関する。

【0002】

【従来の技術】磁気薄膜メモリは、半導体メモリと同様に稼働部のない固体メモリであるが、電源が断たれても情報を失わない、繰り返し書換え回数が無限回である、放射線が入射されても記録内容が消失する危険性がない等、半導体メモリと比較して有利な点がある。

30 【0003】磁性トンネル接合を利用した磁気薄膜メモリ素子（以下、磁気抵抗効果素子と称する）は、強磁性体で形成された 2 つの磁性層の間に、数 nm 厚の薄い絶縁体で形成されたトンネル障壁層を介在させた構造を持つ。

【0004】この種の磁気抵抗効果素子では、2 つの磁性層間に一定の電流を流した状態で磁性層面内に外部磁界を印加すると、両磁性層の磁化の相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果現象が現れる。この磁化の向きが平行である場合には抵抗値は最小となり、反平行である場合には抵抗値が最大となる。したがって、2 つの磁性層間に保磁力差を付与することによって、磁界の強さに応じて磁化の平行状態または反平行状態を実現することができるため、抵抗値の変化による磁化状態の検出が可能となる。

【0005】近年、上述したトンネル障壁層に Al の表面酸化膜を用いることによって、20% 近い磁気抵抗変化率を示す磁気抵抗効果素子が得られるようになったことから、磁気ヘッドや磁気メモリへの磁気抵抗効果素子の応用の可能性が高まってきた。こうした大きな磁気抵

3

抗変化率を示す磁気抵抗効果素子を報告している文献の代表例としては、「1996年4月、ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス、79巻、4724～4729頁（Journal of Applied Physics, vol.79, 4724～4729, 1996）」がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述したような磁気抵抗効果素子を高密度に製造するためには、素子部（トンネル電流が流れる部分）形成工程におけるドライエッチングが不可欠であるが、このドライエッチングによってトンネル障壁層よりも基板側に位置する下部磁性層や基板電極までもがエッチングされると、これらを構成する磁性材料や金属材料がトンネル障壁層のエッチング側壁に付着することにより、電気的な短絡を生じてしまう。

【0007】このような課題を解決するために、例えば、特開平10-163544号公報では、下部磁性層や基板電極をエッチングしない構成が提案されている。

【0008】しかしながら、トンネル障壁層は、膜厚が数nm程度と非常に薄いため、トンネル障壁層付近で再現性よくエッチングを停止することが困難であった。

【0009】本発明は上述したような従来の技術が有する問題点に鑑みてなされたものであって、エッチング工程時にトンネル障壁層の下部に位置する磁性層や基板側電極の構成材料がトンネル障壁層側部に付着することを低減し、電気的な短絡を回避することができる磁気抵抗効果素子及びその製造方法並びにその磁気抵抗効果素子を用いた磁気薄膜メモリを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、第1磁性層と、薄膜の絶縁体で形成されたトンネル障壁層と、第2磁性層とが順次積層された磁性トンネル接合を具備し、前記第1磁性層と前記第2磁性層との間に前記トンネル障壁層を介してトンネル電流を流す磁気抵抗効果素子において、前記第2磁性層を構成する材料の酸化物で形成された酸化物層と、前記酸化物層上に配置され、絶縁体で形成された絶縁層とが前記第2磁性層の前記トンネル電流が流れる領域を限定するように配置されていることを特徴とする。

【0011】また、第1磁性層と、薄膜の絶縁体で形成されたトンネル障壁層と、第2磁性層とが順次積層された磁性トンネル接合を具備し、前記第1磁性層と前記第2磁性層との間に前記トンネル障壁層を介してトンネル電流を流す磁気抵抗効果素子において、前記第2磁性層を構成する材料の窒化物で形成された窒化物層と、前記窒化物層上に配置され、絶縁体で形成された絶縁層が前記第2磁性層の前記トンネル電流が流れる領域を限定するように配置されていることを特徴とする。

【0012】また、前記第1磁性層及び第2磁性層は、垂直磁気異方性を持つ磁性体で形成され、層厚方向に磁化されることを特徴とする。

4

【0013】また、前記第1磁性層と前記第2磁性層とは、保磁力が互いに異なることを特徴とする。

【0014】また、前記第2磁性層の前記トンネル障壁層と接合する側と反対面で前記第2磁性層に接合されるとともに、前記第2磁性層の面積よりも大きな面積を具備し、かつ、前記第2磁性層との接合部では前記第2磁性層と磁氣的に結合している第3磁性層を有することを特徴とする。

【0015】また、前記第1磁性層の前記トンネル障壁層と接合する側と反対面で前記第1磁性層に接合されるとともに、前記第1磁性層の面積よりも大きな面積を具備し、かつ、前記第1磁性層との接合部では前記第1磁性層と磁氣的に結合している第3磁性層を有することを特徴とする。

【0016】また、前記磁気抵抗効果素子の製造方法であって、前記第1磁性層、前記トンネル障壁層及び前記第2磁性層を順次積層する工程と、前記第2磁性層のうち前記トンネル電流が流れる領域以外を一部残してエッチング除去する工程と、前記第2磁性層のうちエッチング除去されずに残った領域を酸化して前記酸化物層を形成する工程と、前記酸化物層上に前記絶縁層を形成する工程とを有することを特徴とする。

【0017】また、前記磁気抵抗効果素子の製造方法であって、前記第1磁性層、前記トンネル障壁層及び前記第2磁性層を順次積層する工程と、前記第2磁性層のうち前記トンネル電流が流れる領域以外を一部残してエッチング除去する工程と、前記第2磁性層のうちエッチング除去されずに残った領域を窒化して前記窒化物層を形成する工程と、前記窒化物層上に前記絶縁層を形成する工程とを有することを特徴とする。

【0018】また、本発明の磁気抵抗効果素子を用いた磁気薄膜メモリは、前記磁気抵抗効果素子を用いて情報を記録、再生することを特徴とする。

【0019】（作用）上記のように構成された本発明においては、第1磁性層と、薄膜の絶縁体で形成されたトンネル障壁層と、第2磁性層とが順次積層された磁性トンネル接合を具備し、第1磁性層と第2磁性層との間にトンネル障壁層を介してトンネル電流を流す磁気抵抗効果素子において、第2磁性層を構成する材料の酸化物または窒化物で形成された酸化物層または窒化物層と、酸化物層または窒化物層上に配置され、絶縁体で形成された絶縁層とが第2磁性層のトンネル電流が流れる領域を限定するように配置されている。

【0020】本発明に従えば、トンネル障壁層は、第2磁性層の酸化物層または窒化物層を介して絶縁層に接するため、絶縁層の界面に沿ってリーク電流が発生したとしても、第1磁性層に到達するパスが存在しないため、このリーク電流は実際には第1磁性層に流れることがない。したがって、第1磁性層と第2磁性層との磁化方向が、平行か反平行かに対応する良好な磁気抵抗特性が得られる。

【0021】また、本発明に従えば、上記のように構成された磁気抵抗効果素子は、第1磁性層、トンネル障壁

層及び第2磁性層を順次積層する工程と、第2磁性層のうちトンネル電流が流れる領域以外を一部残してエッチング除去する工程と、第2磁性層のうちエッチング除去されずに残った領域を酸化または窒化して酸化物層または窒化物層を形成する工程と、酸化物層または窒化物層上に絶縁層を形成する工程とを含む製造方法により製造される。

【0022】このように、第2磁性層のうちトンネル電流が流れる領域以外を一部残してエッチング除去し、残った第2磁性層を酸化または窒化して高抵抗化することにより、第2磁性層をエッチングする際の許容範囲が、従来技術ではトンネル障壁層の厚さであったのに対し、第2磁性層の厚さとトンネル障壁層の厚さとの和となり、許容範囲が大幅に広がるため、第1磁性層や基板側電極をエッチングすることがなくなる。

【0023】これにより、エッチング工程時に第1磁性層や基板側電極の構成材料がトンネル障壁層側部に付着することなく磁気抵抗効果素子を製造することが可能となるため、トンネル障壁層側部の付着物に起因する電気的な短絡を回避することが可能となる。また、エッチングする際の許容範囲が広がるため、再現性よくエッチングすることが可能になり、磁気抵抗効果素子製造時の歩留まりを大幅に向上させることが可能となる。

【0024】また、第2磁性層上に、第2磁性層の面積よりも大きな面積を具備し、かつ、第2磁性層との接合部では第2磁性層と磁気的に結合している第3磁性層を設けた場合には、記憶保持に必要な保持力を第2磁性層及び第3磁性層の合成保磁力で賄うことができるため、その分第2磁性層を薄く形成することが可能となる。したがって、第2磁性層のエッチング量が少なくなるため、エッチングの深さ制御の精度が向上し、更に、製造時の歩留まりを大幅に向上させることが可能となる。

【0025】また、上述した第3磁性層を設けた場合には、高密度メモリを実現するために第2磁性層を微細化しても、第2磁性層と第3磁性層とが磁気的に結合しているため、第2磁性層において微細化に伴う磁化のカーリング発生を抑圧することが可能となる。したがって、第2磁性層を微細化しても、トンネル障壁層を介して対抗する第1磁性層と第2磁性層との間で磁化方向を平行または反平行状態にできるため、高集積化された磁気抵抗効果素子及び磁気薄膜メモリ(MRAM)が実現可能となる。

【0026】なお、第3磁性層は、第2磁性層とトンネル障壁層との接合部の面積よりも大きくなるが、この大きな部分は素子分離領域や配線部分とオーバーラップさせることが可能であるため、実質的に高集積化可能である。

【0027】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0028】(第1の実施の形態)図1は、本発明の磁気抵抗効果素子の第1の実施の形態を示す断面図である。

【0029】図1に示すように本実施形態においては、基板(不示図)上に、電気抵抗の低い材料で形成される基板側電極1、強磁性体金属等の磁性体で形成される第1磁性層2、薄い絶縁体で形成されるトンネル障壁層3、強磁性体金属等の磁性体で形成される第2磁性層4及び上部電極5が順次積層されている構成において、第2磁性層4を構成する磁性体の酸化物(または窒化物)で形成される酸化物層(または窒化物層)6と、酸化物層(または窒化物層)6上に絶縁体で形成される絶縁層7とが第2磁性層4のトンネル電流を限定するように設けられている。

【0030】具体的には、基板側電極層1としてCu層(膜厚50nm)、第1磁性層2としてNiFe層(膜厚20nm)、トンネル障壁層3としてAlOx層(膜厚1.2nm)、第2磁性層4としてCo層(膜厚30nm)、上部電極層5としてCu層(膜厚100nm)が形成され、更に、素子部以外の領域は、第2磁性層4であるCo層の酸化物で形成される酸化物層6と、Al₂O₃、SiO₂、Si₃N₄等で形成される絶縁層7とにより電気的に分離されている。

【0031】ここで、本実施形態においては、第1磁性層2及び第2磁性層4が強磁性体金属等の磁性体で形成されるが、この強磁性体金属では、伝導電子がスピン偏極を起こしているため、フェルミ面における上向きスピンと下向きスピンの電子状態が互いに異なっている。このような強磁性体金属で形成される第1磁性層2と第2磁性層4との間に、絶縁体で形成されるトンネル障壁層3を挟むことで磁性トンネル接合を作る場合には、トンネル障壁層3に電圧を印加すると、伝導電子がそのスピンを保ったまま第1磁性層2から第2磁性層4に(または、第2磁性層4から第1磁性層2に)トンネルし、第1磁性層2と第2磁性層4との間でトンネル障壁層3を介してトンネル現象が生じるため、両磁性層の磁化状態によってはトンネル確率が変化し、このトンネル確率の変化がトンネル抵抗の変化となって現れる。これにより、第1磁性層2と第2磁性層4との磁化が平行の場合は抵抗値が小さく、反平行の場合は抵抗値が大きくなるが、上向きスピンと下向きスピンの状態密度の差が大きい方がトンネル抵抗の抵抗値は大きくなり、より大きな再生信号を得ることができる。

【0032】したがって、第1磁性層2及び第2磁性層4は、スピン分極率の高い磁性材料により形成することが望ましい。スピン分極率の高い磁性材料としては、フェルミ面における上下スピンの偏極量が大きいFeを第1成分として選定し、Coを第2成分として選定する。具体的には、Fe、Co、Niを主成分とした材料で形成されることが望ましく、より望ましくはFe、Co、

FeCo、NiFe、NiFeCo等がよい。なお、NiFeを用いる場合には、その元素組成を Ni_xFe_{100-x} とすると、 x は0～82が望ましく、より具体的には、Ni₇₂Fe₂₃、Ni₅₁Fe₄₉、Ni₄₂Fe₅₈、Ni₂₅Fe₇₅、Ni₉Fe₉₁等が望ましい。

【0033】第2磁性層4は、「0」、「1」の磁化情報を磁化方向として記録するために設けられたもので、この磁化情報に応じて磁化方向が決定される。第2磁性層4は、磁化状態を安定して保存できること、及び、第1磁性層2よりも高い保磁力を有することが必要である。このため、第2磁性層4は、上述した組成のうち、Fe、Coを主成分とした材料で形成されることが望ましく、具体的には、Fe、FeCo、Co等の磁性膜で形成されることが望ましい。

【0034】また、第2磁性層4には、保磁力の制御や耐食性の向上等を目的としてPt等の元素を添加してもよい。なお、CoにFeを添加すると保磁力は小さくなり、Ptを添加すると保磁力は大きくなるので、第2磁性層4に、例えば $Co_{100-x-y}Fe_xPt_y$ の元素組成の材料を用いる場合には、 x 及び y を調節して保磁力を制御すればよい。また、成膜時の基板温度高くすることによっても保磁力を高めることができるため、保磁力を制御する別の方法として、成膜時の基板温度を調節する方法を用いてもよく、この方法を上述した元素組成を調節する方法と組合せてもよい。また、第1磁性層2の保磁力の調節も上述と同様に、元素組成や成膜時の基板温度で調節することができる。

【0035】第2磁性層4の膜厚は、磁気抵抗効果を効率的に発生し、かつ磁化情報を記憶保持するために十分な保磁力を持つ厚さが必要であり、20Å以上が望ましく、より望ましくは80Å以上がよい。また、厚すぎるとワード電極からの距離が離れて磁化反転が起きにくくなる等の問題が生じるため、5000Å以下が望ましく、より望ましくは1000Å以下がよい。

【0036】第1磁性層2は、第2磁性層4が記録する「0」、「1」の磁化情報をスピントンネルによる磁気抵抗効果を利用して読み出すために設けられたものである。第1磁性層2は、第2磁性層の保磁力よりも低い保磁力を有し、再生時には第1磁性層のみの磁化方向が反転するようにする。なお、本実施形態のように、第1磁性層2の保磁力と第2磁性層4の保磁力とが互いに異なる磁気抵抗効果素子は、保磁力差型の磁気抵抗効果素子と称される。

【0037】このため、第1磁性層2は、上述した組成のうち、Niを含む軟磁性材料で形成されることが望ましく、具体的には、NiFe、NiFeCoを主成分とした材料で形成されることが望ましい。なお、NiFeを用いる場合には、その元素組成を Ni_xFe_{100-x} とすると、 x は30～82が望ましい。また、NiFeCoを用いる場合には、その元素組成を $Ni_x(Fe_{100-y}C$

oy) $_{100-x}$ とすると、 x は30～82、 y は0～90が望ましい。

【0038】第1磁性層2の膜厚は、第2磁性層4の保磁力にも関係するが、20Å以上が望ましく、より望ましくは80Å以上がよい。また、5000Å以下が望ましく、より望ましくは1000Å以下がよい。

【0039】上述したような磁性体は、主に面内に磁化軸を持つものであるが、垂直磁気異方性を持つ磁性体であるGdFe、TbFe等のフェリ磁性材料で第1磁性層2及び第2磁性層4を形成してもよい。第1磁性層2及び第2磁性層4をフェリ磁性材料で形成することにより、磁性層の層厚方向に磁化軸を持つ磁気抵抗効果素子を実現することができる。このような垂直磁気抵抗効果素子では、磁性層の面積が小さくなくても面内磁化のような磁化のカーリングが生じないという利点がある。更に、本実施形態においては、第2磁性層4を構成する磁性体の酸化物（または窒化物）で酸化物層（または窒化物層）6が形成されることになるが、特に、フェリ磁性材料の酸化物は、Co、NiFe等の酸化物よりも高抵抗となるため、リーク電流の低減や素子の分離においてより効果的である。

【0040】トンネル障壁層3は、上述したように薄い絶縁体で形成されるが、伝導電子がスピンを保持してトンネルするためには、この絶縁体为非磁性でなければならない。また、その一部の厚みを極小にすることにより、磁気抵抗効果をさらに高めることができる。また、トンネル障壁層3は、非磁性金属膜を酸化させた酸化層としてもよく、酸化層を形成する例としては、Al膜の一部を空气中で酸化させてAl₂O₃層を形成する例が挙げられる。このAl₂O₃層は、絶縁性が高く緻密であるために望ましいものである。また、トンネル障壁層3は、Al₂O₃等のAl_xO_yの他には、AlN_x、SiO_x、SiN_x、NiO_xを主成分とした材料で形成されることが望ましい。また、トンネル障壁層3の膜厚は、4～25Åが望ましく、均一であることが望ましい。

【0041】以下に、本発明の磁気抵抗効果素子の製造工程について説明する。

【0042】図2は、図1に示した磁気抵抗効果素子の製造工程を説明するための図であり、磁気抵抗効果素子の断面を示している。

【0043】まず、基板（不図示）上に、基板側電極層1、第1磁性層2、トンネル障壁層3及び第2磁性層4を順次積層する（図2（a））。

【0044】なお、基板側電極層1、第1磁性層2及び第2磁性層4は、例えば、イオンビームスパッタリング法により形成することができる。また、トンネル障壁層3は、金属アルミニウム膜をイオンビームスパッタにより形成し、この金属アルミニウム膜を酸素プラズマにより酸化させて形成する。

【0045】次に、フォトリソグラフィ法により、第2

磁性層4の素子部22上にレジストパターン21を形成する(図2(b))。

【0046】次に、Arイオンミリング等でドライエッチングすることにより、素子部22以外の第2磁性層4を一部残してエッチング除去する(図2(c))。ここでは、エッチング面からトンネル障壁層3までの距離がおよそ5nm以下となるように、その距離をエッチング時間に基づき制御した。なお、従来技術のようにトンネル障壁層3までエッチングを行う場合には、エッチングの許容範囲がトンネル障壁層3の膜厚(1.2nm)となるが、本実施形態では、エッチングの許容範囲が約5倍の6nm程度になる。

【0047】次に、酸素雰囲気中(1Pa以下)で酸素プラズマ(30W:20min)に晒すことにより、エッチング除去されずに残っている第2磁性層4をトンネル障壁層3に達するまで酸化して高抵抗化することで酸化物層6を形成し(図2(d))、更に、十分な電気的分離を行うために全面をスパッタしてAl₂O₃、SiO₂、Si₃N₄等の絶縁層7を形成する。

【0048】その後、リフトオフ法により素子部22の上面に窓を開け、上部電極5を形成することにより、図2(e)に示すような断面構造を具備する磁気抵抗効果素子を製造することができる。

【0049】上述したように本実施形態においては、磁気抵抗効果素子の素子部22を形成するためのエッチングは、第2磁性層4の途中まで行い、残った第2磁性層4を酸化することで高抵抗化しているため、エッチングの許容範囲が広くなり、これにより、第1磁性層2や基板側電極1をエッチングすることがない。したがって、第1磁性層2や基板側電極材料1の構成材料がエッチング中にトンネル障壁層3の側部に付着することなく磁気抵抗効果素子を製造することができるため、電気的な短絡を回避することができる。

【0050】(第2の実施の形態)図3は、本発明の磁気抵抗効果素子の第2の実施の形態を示す断面図である。

【0051】図3に示すように本実施形態は、図1に示した第1の実施形態に対して、第2磁性層4と上部電極5との間に、第2磁性層4よりも大きな面積を具備し、かつ第2磁性層4に磁気的に結合された第3磁性層31が設けられている点が異なるものである。なお、その他の構成及び動作は、第1の実施形態と同様である。

【0052】上記のように構成された磁気抵抗効果素子においては、記憶保持に必要な保磁力を第2磁性層4及び第3磁性層31の合成保磁力で賄えばよいから、その分第2磁性層4を薄く形成することができる。また、第2磁性層4を薄く形成することで、第2磁性層4のエッチング量が少なくなるため、エッチングの深さ制御の精度が向上し、更に製造時の歩留まりを大幅に向上させることができる。

【0053】また、高密度メモリを実現するために第2磁性層4を微細化しても、第2磁性層4よりも大きな面積を具備する第3磁性層31と第2磁性層4とが磁気的に結合されているため、第2磁性層4の微細化に伴う磁化のカーリング発生を抑圧できる。したがって、第2磁性層4を微細化しても、トンネル障壁層3を介して対抗する第1磁性層2と第2磁性層4との間で磁化方向を平行または反平行状態にできるため、高集積化された磁気抵抗効果素子および磁気薄膜メモリ(MRAM)を実現することができる。

【0054】なお、本実施形態においては、第3磁性層31が設けられているため、上述したように第2磁性層4の膜厚は薄くすることができるが、その膜厚は、具体的には5~20Åが望ましい。

【0055】また、第3磁性層31の必要な機能、膜厚、材料等は、必要な保磁力が第2磁性層との合成保磁力となる以外は、第2磁性層4単独構成の場合の第2磁性層4と同等である。

【0056】(第3の実施の形態)図4は、本発明の磁気抵抗効果素子の第2の実施の形態を示す断面図である。

【0057】図4に示すように本実施形態は、図1に示した第1の実施形態に対して、基板側電極1と第1磁性層2との間に、第1磁性層2に交換結合している反強磁性層41(例えば、膜厚20nmのFeMn)が設けられている点が異なるものである。なお、その他の構成及び動作は、第1の実施形態と同様である。

【0058】上記のように構成された磁気抵抗効果素子においては、基板側電極1と第1磁性層2との間に設けられた反強磁性層41により、第1磁性層2の磁化方向が固定され、第2磁性層4の磁化方向(記録されている情報に対応)が、第1磁性層2の磁化と「平行」か「反平行」かによる素子抵抗の違いによって情報を読み出す。

【0059】以下に、上述した本発明の磁気抵抗効果素子を用いた磁気薄膜メモリの構成について説明する。

【0060】まず、本発明の磁気抵抗効果素子を素子選択用のダイオードやトランジスタと組み合わせた磁気薄膜メモリの1ビットの構成について説明する。

【0061】図5は、本発明の磁気抵抗効果素子とMOSトランジスタ(MOS-FET)とを組み合わせた磁気薄膜メモリの一構成例を示す図である。なお、図5においては、1個の磁気抵抗効果素子と1個のMOS-FETとが組み合わされて磁気薄膜メモリの1ビットが構成されている。

【0062】図5に示すように本構成例においては、本発明の磁気抵抗効果素子51の一端がSi基板(不図示)上に形成されたMOS-FET52のドレイン電極に接続され、他端がビット線53に接続されている。磁気抵抗効果素子51への書き込みは、ビット線53とワ

ード線 54 に同時に電流を流し、その交点において各電流により発生する合成磁場により、磁気抵抗効果素子 51 のメモリ層に磁化方向として行われる。一方、磁気抵抗効果素子 51 からの読み出しは、MOS-FET 52 により磁気抵抗効果素子 51 を選択して、その抵抗値から磁気抵抗効果素子 51 のメモリ層に記録された磁化方向を読み取る。

【0063】次に、本発明の磁気抵抗効果素子をマトリックス状に配置して磁気薄膜メモリを構成する場合のメモリ・セルの配列構造について説明する。

【0064】図 6 は、本発明の磁気抵抗効果素子をマトリックス状に配置した磁気薄膜メモリの一構成例を示す図である。なお、図 6 においては、MOS-FET 部が省略されている。

【0065】図 6 に示すように本構成例においては、水平平面内の平行なワード線 601～603 として機能する 1 組の導電線と、他の水平平面内の平行なセンス線 611～613 として機能する 1 組の導電線と、センス線 611～613 の下に絶縁層（不図示）を介して配置されたワード線 604～606 として機能する 1 組の導電線とが設けられており、本発明の磁気抵抗効果素子が、ワード線 601～603 とセンス線 611～613 との間に垂直に間隔をあけた交差領域内におけるワード線 601～603 とセンス線 611～613 との各交差点に位置している。なお、ワード線 601～603 とセンス線 611～613 とは、上から見たときに互いに交差するように、例えば、上から見たときに互いに直角となるように配置されている。

【0066】ワード線 601～606 は、主に信号を記録するために設けられ、また、センス線 611～613 は、主に再生信号を取り出すために設けられている。

【0067】上記のように構成されたメモリ・セルレイは、他の回路が存在するシリコン基板等の基板上に形成することができる。また、図示されていないが、交差領域以外の領域では、ビット線（不図示）とワード線 601～603 との間に通常、絶縁材料の層が設けられている。

【0068】

【発明の効果】以上説明したように本発明においては、第 1 磁性層と、薄膜の絶縁体で形成されたトンネル障壁層と、第 2 磁性層とが順次積層された磁性トンネル接合を具備し、第 1 磁性層と第 2 磁性層との間にトンネル障壁層を介してトンネル電流を流す磁気抵抗効果素子において、第 2 磁性層を構成する材料の酸化物または窒化物で形成された酸化物層または窒化物層と、酸化物層または窒化物層上に配置され、絶縁体で形成された絶縁層とが、第 2 磁性層のトンネル電流が流れる領域を限定するように配置されている。

【0069】また、本発明に従えば、上記のように構成された磁気抵抗効果素子は、第 1 磁性層、トンネル障壁

層及び第 2 磁性層を順次積層する工程と、第 2 磁性層のうちトンネル電流が流れる領域以外を一部残してエッチング除去する工程と、第 2 磁性層のうちエッチング除去されずに残った領域を酸化または窒化して酸化物層または窒化物層を形成する工程と、酸化物層または窒化物層上に絶縁層を形成する工程とを含む製造方法により製造される。

【0070】このように、第 2 磁性層のうちトンネル電流が流れる領域以外を一部残してエッチング除去し、残った第 2 磁性層を酸化または窒化して高抵抗化することにより、第 2 磁性層をエッチングする際の許容範囲が従来技術と比較して大幅に広がるため、第 1 磁性層や基板側電極をエッチングすることがなくなる。

【0071】これにより、エッチング工程時に第 1 磁性層や基板側電極の構成材料がトンネル障壁層側部に付着することなく磁気抵抗効果素子を製造することが可能となるため、トンネル障壁層側部の付着物に起因する電気的な短絡を回避することができる。また、エッチングする際の許容範囲が広がるため、再現性よくエッチングすることができ、磁気抵抗効果素子製造時の歩留まりを大幅に向上させることができるとともに、良好な磁気特性を持つ磁気抵抗効果素子を再現性よく製造することができる。

【0072】また、第 2 磁性層上に、第 2 磁性層の面積よりも大きな面積を具備し、かつ、第 2 磁性層との接合部では第 2 磁性層と磁気的に結合している第 3 磁性層を設けた場合には、記憶保持に必要な保持力を第 2 磁性層及び第 3 磁性層の合成保磁力で賄うことができるため、その分第 2 磁性層を薄く形成することが可能となる。したがって、第 2 磁性層のエッチング量が少なくなるため、エッチングの深さ制御の精度が向上し、更に、製造時の歩留まりを大幅に向上させることが可能となる。

【0073】また、第 3 磁性層を設けた場合には、高密度メモリを実現するために第 2 磁性層を微細化しても、第 2 磁性層と第 3 磁性層とが磁気的に結合しているため、第 2 磁性層において微細化に伴う磁化のカーリング発生を抑圧することができる。したがって、第 2 磁性層を微細化しても、トンネル障壁層を介して対抗する第 1 磁性層との間で磁化方向を平行または反平行状態にできるため、高集積化された磁気抵抗効果素子及び磁気薄膜メモリ（MRAM）を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の磁気抵抗効果素子の第 1 の実施の形態を示す断面図である。

【図 2】図 1 に示した磁気抵抗効果素子の製造工程を説明するための図である。

【図 3】本発明の磁気抵抗効果素子の第 2 の実施の形態を示す断面図である。

【図 4】本発明の磁気抵抗効果素子の第 3 の実施の形態を示す断面図である。

13

【図5】本発明の磁気抵抗効果素子とMOSトランジスタ（MOS-FET）とを組み合わせた磁気薄膜メモリの一構成例を示す図である。

【図6】本発明の磁気抵抗効果素子をマトリックス状に配置した磁気薄膜メモリの一構成例を示す図である。

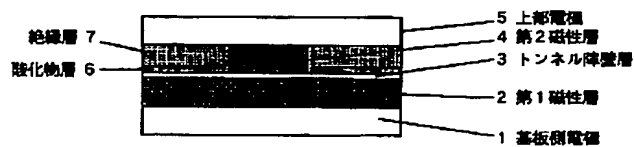
【符号の説明】

- 1 基板側電極
- 2 第1磁性層
- 3 トンネル障壁層
- 4 第2磁性層

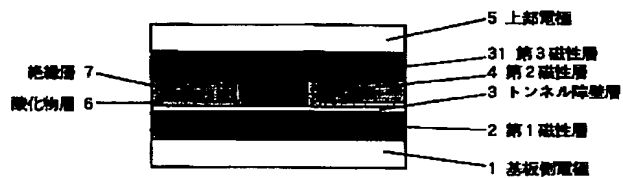
- 5 上部電極
- 6 酸化物層
- 7 絶縁層
- 21 レジストパターン
- 22 素子部
- 31 第3磁性層
- 41 反強磁性層
- 601～606 ワード線
- 611～613 センス線

10

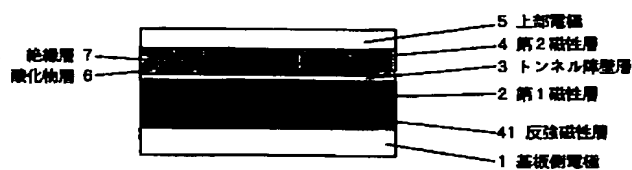
【図1】



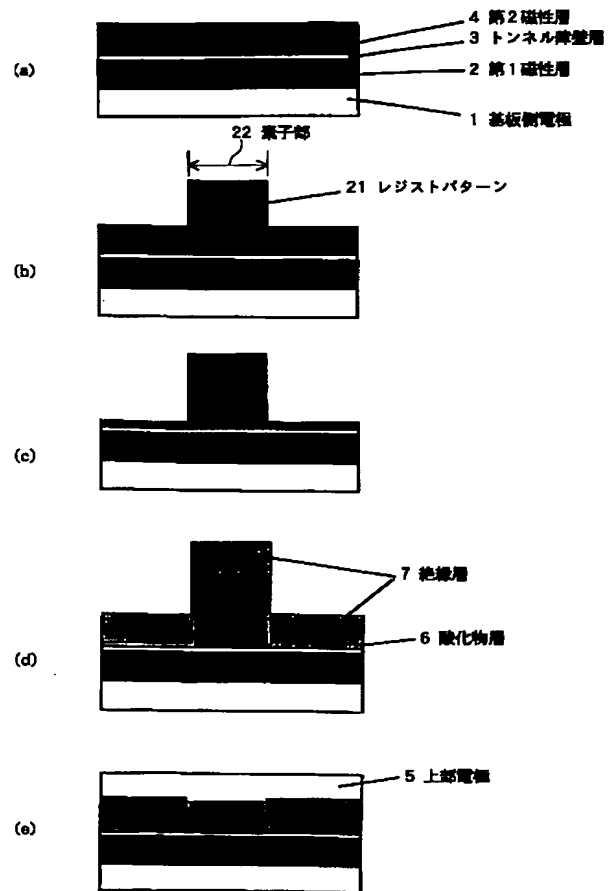
【図3】



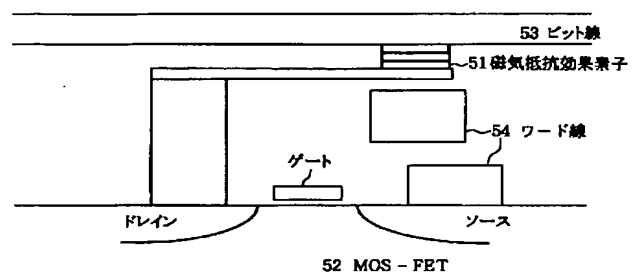
【図4】



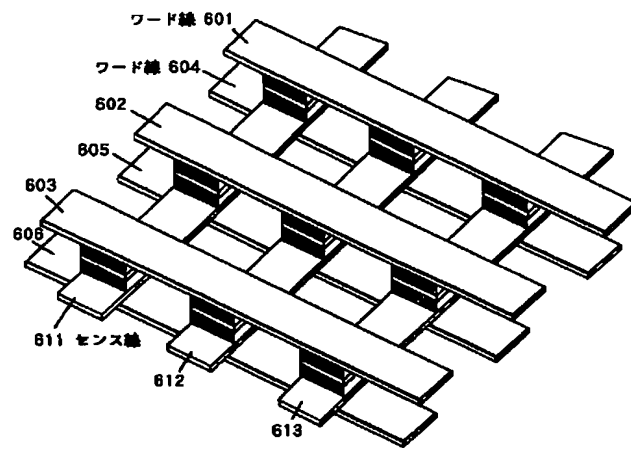
【図2】



【図5】



【図 6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷

H O 1 F 10/32

H O 1 L 43/12

識別記号

F I

H O 1 F 10/32

H O 1 L 43/12

テーマコード* (参考)